

การออกแบบและสร้างเก้าอี้รถเข็นไฟฟ้าสำหรับคนพิการที่สามารถควบคุมความเร็วได้ แบบปรับความกว้างพัลส์

ชัยพร อัดโดดดร *

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอการออกแบบและสร้างเก้าอี้รถเข็นไฟฟ้าสำหรับคนพิการที่สามารถควบคุมความเร็วได้แบบปรับความกว้างพัลส์หรือพัลส์วีดธ์มอดูเลชันที่ 100% 80% 60% และ 40% ที่ค่าความเร็วสูงสุด และควบคุมการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ให้สามารถเคลื่อนที่และพาผู้ใช้งานไปยังพื้นที่ต่างๆได้ ซึ่งรับคำสั่งมาจากผู้ใช้งานโดยผ่านคันโยกบังคับ แล้วส่งต่อไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F877 เป็นตัวควบคุมอีกทีหนึ่ง ซึ่งใช้ภาษา PICBASICPRO ในการเขียนโปรแกรมควบคุมระบบทั้งหมด ซึ่งจากการทดสอบการทำงานของเก้าอี้รถเข็นไฟฟ้านี้ ไมโครคอนโทรลเลอร์สามารถรับคำสั่งจากคันโยกบังคับมาประมวลผลและควบคุมการทำงานของเก้าอี้รถเข็นไฟฟ้าได้ทุกฟังก์ชัน อาทิเช่น เดินหน้า ถอยหลัง หยุด เลี้ยวขวา เลี้ยวซ้าย แบบความเร็วนุ่มนวล ซึ่งเคลื่อนที่ด้วยความเร็วสูงสุด 1.59 เมตรต่อวินาที และรับน้ำหนักได้สูงสุด 120 กิโลกรัม ทำให้ปลอดภัยและประหยัดแรงงานของผู้ใช้งานได้อย่างมาก

คำสำคัญ: เก้าอี้รถเข็นไฟฟ้า พัลส์วีดธ์มอดูเลชัน ไมโครคอนโทรลเลอร์ ความเร็วนุ่มนวล

*อาจารย์ประจำ ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยการจัดการและเทคโนโลยีอีสเทิร์น จังหวัดอุบลราชธานี
34000 อีเมล: chaiporn_addoddorn@yahoo.com

A Design and Construction of Electric Wheelchair for Disabilities with Pulse Width Modulation Speed Control

Chaiporn addoddorn *

Abstract

This paper presents a design and construction of electric wheelchair for disabilities with pulse width modulation speed control. The speed can be set at 100% 80% 60% and 40% of full speed and controlled by a microcontroller which is able to move and take the user to another places. It obtains a command from the user via the controlling handle and sends this command pass through a microcontroller. This electric wheelchair use microcontroller PIC16F877 controlled by PICBASICPRO language for controlling the whole system. In the actual test, the microcontroller is able to receive the instruction from the controlling handle for processing and controlling all of the functions, for example, move forward, move backward, stop, turn right, turn left and also run in a soft speed. This electric wheelchair is able to move with 1.59 m/s of full speed and also receives the maximum weight of 120 kilograms. It is safe and very energy saving to user.

Keywords: Electric wheelchair, pulse width modulation, microcontroller, soft speed.

*Lecturer, Department of Computer Engineering, The Eastern University of Management and Technology
Ubonratchathani 34000, E-mail: chaiporn_addoddorn@yahoo.com

1. บทนำ

ปัจจุบันเก้าอี้รูดเส้นเป็นสิ่งที่ต้องการอย่างมากสำหรับคนพิการและผู้สูงอายุ ซึ่งเก้าอี้รูดเส้นสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ชนิด ได้แก่ เก้าอี้รูดเส้นด้วยมือและเก้าอี้รูดเส้นไฟฟ้า ซึ่งจะเห็นว่าการขับเก้าอี้รูดเส้นด้วยมือเป็นเวลานานๆ จะทำให้ผู้ใช้งานเกิดอาการบาดเจ็บที่ข้อมือ ข้อศอก และไหล่ได้ ดังนั้น เก้าอี้รูดเส้นไฟฟ้าจึงเป็นที่นิยมมากกว่าและเพิ่มมากขึ้นเรื่อยๆ ในสังคมสมัยใหม่ โดยที่เก้าอี้รูดเส้นไฟฟ้าในสมัยก่อนจะใช้ใบพัดลาร์ทรานซิสเตอร์เป็นตัวขับเคลื่อน แต่เนื่องจากใบพัดลาร์ทรานซิสเตอร์มีความเชื่อถือได้ต่ำ จึงได้มีการพัฒนาเพาเวอร์มอสเฟตขึ้นมา เนื่องจากเพาเวอร์มอสเฟตมีความต้านทานขณะนำกระแสต่ำกว่าและทำการสวิตช์ได้ดีกว่า ทำให้มีความเชื่อถือได้สูงกว่า และการใช้วิธีพัลส์วิดท์มอดูเลชันเป็นวิธีที่ดีที่สุดสำหรับขับเพาเวอร์มอสเฟต เพราะสามารถป้องกันการลัดวงจรการนำกระแสในแนวตั้งของเพาเวอร์มอสเฟตได้เมื่อเปลี่ยนทิศทางการทำงาน ในส่วนวงจรควบคุมแต่ก่อนเราจะใช้วงจรควบคุมแรงดันของอินเวอร์เตอร์โดยใช้เทคนิคของวงจรนาฬิกาลอกซึ่งเหตุผลหลักก็คือ เรื่องของแบนวิดท์และการควบคุมแบบอนาลอกจะใช้ได้ดีในกรณีอินเวอร์เตอร์ขนาดเล็ก อย่างไรก็ตามเทคนิคการควบคุมแบบอนาลอกนี้วงจรการออกแบบจะซับซ้อน ความเชื่อถือได้ต่ำ ไม่ยืดหยุ่น และราคาสูง แต่ในปัจจุบันการพัฒนาที่รวดเร็วในด้านไมโครอิเล็กทรอนิกส์และเทคโนโลยี VLSI เราจึงนำไมโครคอนโทรลเลอร์มาใช้ควบคุมแทนเนื่องจากมีการคำนวณที่รวดเร็ว โดยไมโครคอนโทรลเลอร์สามารถกระทำคำสั่งได้มากกว่าล้านคำสั่งต่อวินาที ซึ่งในการประยุกต์การทำงานต่างๆ จะใช้ ไมโครคอนโทรลเลอร์แทนที่วงจรควบคุมแบบอนาลอกทำให้ระบบมีเสถียรภาพสูงขึ้น นอกจากนี้เมื่อต้องการเปลี่ยนระบบควบคุมใหม่ก็สามารถทำได้โดยการสร้างที่ซอฟต์แวร์ทำให้เก้าอี้รูดเส้นไฟฟ้าแต่ละลักษณะเข้ากันได้กับระบบควบคุมเดิมโดยไม่ต้องเปลี่ยนฮาร์ดแวร์ใหม่ ดังนั้น ไมโครคอนโทรลเลอร์จึงถูกนำมาแทนที่วงจรควบคุมทางฮาร์ดแวร์ที่ซับซ้อนด้วย ROM ซอฟต์แวร์ ทำให้วงจรควบคุมมีความเชื่อถือได้

สูงขึ้น มีความยืดหยุ่น และราคาต่ำลง

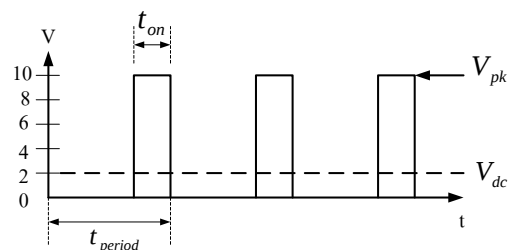
2. ทฤษฎีและหลักการ

2.1 การมอดูเลตความกว้างพัลส์

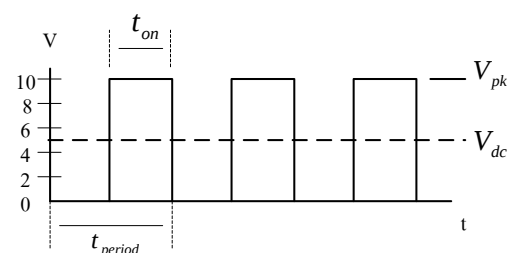
พื้นฐานความสำคัญของวงจรรยายแบบวิธีการสวิตช์ คือ การมอดูเลตความกว้างพัลส์โดยค่าเฉลี่ยของคลื่นต่างๆหาได้จากพื้นที่ที่ได้ในหนึ่งคาบเวลาต่อเวลาที่ใช้ในหนึ่งคาบเวลา ดังแสดงในรูปที่ 1 สำหรับรูปคลื่นสี่เหลี่ยมสามารถคำนวณได้จาก

$$V_{dc} = \left(\frac{t_{on}}{t_{period}} \right) \times V_{pk}$$

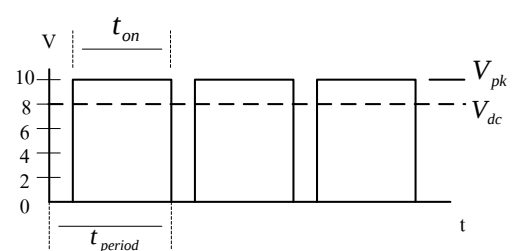
การเปลี่ยนแปลงความกว้างพัลส์ t_{on} โดยใช้คาบเวลาคงที่ t_{period} สามารถควบคุมค่าเฉลี่ยของสัญญาณ V_{dc} ซึ่งวิธีนี้คือ เทคนิคที่ใช้ในการขยายแบบสวิตช์ที่ใช้ควบคุมแรงดันเอาต์พุต



(a)



(b)



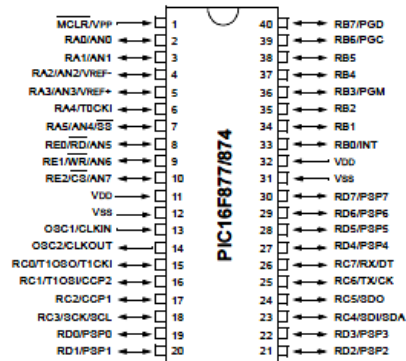
(c)

รูปที่ 1 การมอดูเลตความกว้างพัลส์

- (a) ความกว้างพัลส์ 20%
- (b) ความกว้างพัลส์ 50%
- (c) ความกว้างพัลส์ 80%

2.2 ไมโครคอนโทรลเลอร์

ไมโครคอนโทรลเลอร์ได้มีการคิดค้นพัฒนามาอย่างต่อเนื่อง จนในปัจจุบันนี้ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลใหม่ๆเกิดขึ้นมามากมาย ล้วนแล้วแต่มีศักยภาพในการทำงานสูงด้วยกันทั้งสิ้น แต่ในที่นี้เราจะมาศึกษาการใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล PIC ของทางบริษัท Microchip ซึ่งเป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ได้รับความนิยมอย่างแพร่หลาย เนื่องจากเป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ที่มีความสามารถและเพียบพร้อมไปด้วยทรัพยากรหรือฟังก์ชันการใช้งานต่างๆ มากมาย เช่น โมดูล Analog to Digital , Timer/Counter , USART , SPI , I² C , PWM และอื่นๆ ซึ่งส่วนต่างๆเหล่านี้จะถูกสร้างรวมอยู่ภายใน CPU เพียงตัวเดียว ทำให้ CPU สามารถทำงานได้หลายๆอย่าง และสามารถลดในส่วนของฮาร์ดแวร์บางอย่างลงได้ในเรื่องของความเร็ว CPU ตระกูลนี้จะใช้เวลาในการกระทำคำสั่งต่างๆ เพียง 1 หรือ 2 ไชเคิลต่อคำสั่งเท่านั้น ทำให้มีความเร็วในการทำงานมากกว่า CPU ทั่วไปที่ความเร็วเท่ากัน ซึ่งในที่นี้เราจะศึกษาเบอร์ 16F877 ดังแสดงในรูปที่ 2 ดังนี้



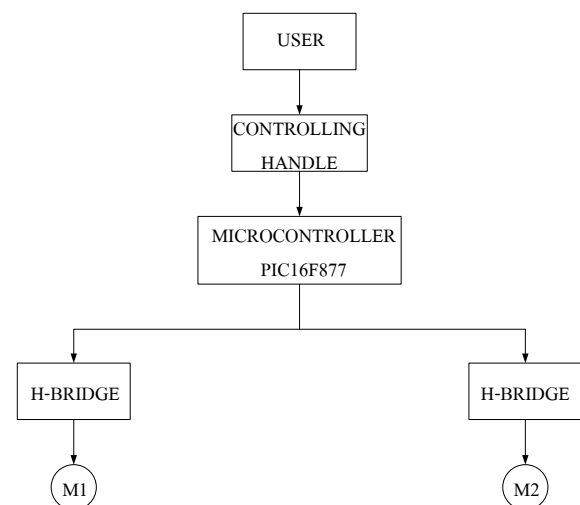
รูปที่ 2 ตำแหน่งขาสัญญาณต่างๆ ของ PIC16F877

ขาสัญญาณของ PIC16F877 นี้ทั้งหมด 40 ขา ประกอบไปด้วยขาที่ทำหน้าที่ต่างๆ โดยจะมีขาสัญญาณ I/O Ports ทั้งหมด 33 ขาโดยสามารถนำไปใช้เป็นอินพุต

เอาต์พุตได้ทั้งหมดทุกขา ยกเว้นขา RA4 ซึ่งโครงสร้างภายในเป็นแบบ Open Drain ดังนั้นหากต้องการนำไปใช้เป็นขาสัญญาณเอาต์พุตจะต้องต่อตัวต้านทานพูลอัพไว้ด้วย ส่วนขาที่เหลือสามารถใช้งานได้ตามปกติ นอกจากขาสัญญาณ I/O แล้วยังประกอบไปด้วยขาสัญญาณอื่นๆ อีกคือ ขาไฟเลี้ยง กราวด์ ขารีเซ็ต และขาออสซิลเลเตอร์

3. การออกแบบและสร้างเก้อ์รตเซ็นไฟฟ้าสำหรับคนพิการ

3.1 บล็อกไดอะแกรมการทำงาน



รูปที่ 3 บล็อกไดอะแกรมการทำงานของเก้อ์รตเซ็นไฟฟ้า

จากบล็อกไดอะแกรมคำสั่งควบคุมของผู้ใช้งานจะถูกส่งมาโดยผ่านคั่นโยกบังคับ แล้วส่งต่อไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F877 ที่อยู่ในตัวเก้อ์รตเซ็นไฟฟ้าด้วยรหัสสัญญาณดิจิตอลต่างๆกัน เพื่อให้ไมโครคอนโทรลเลอร์รับคำสั่งมาประมวลผลและควบคุมการทำงานของมอเตอร์ M1, M2 ซึ่งใช้เป็นตัวขับเคลื่อนเก้อ์รตเซ็นไฟฟ้า โดยผ่านวงจรขับมอเตอร์ และควบคุมการทำงานของเก้อ์รตเซ็นไฟฟ้าตามที่ผู้ใช้งานต้องการ อาทิเช่น เดินหน้า ถอยหลัง หยุด เลี้ยวขวา เลี้ยวซ้าย แบบความเร็วนุ่มนวลและควบคุมความเร็วของเก้อ์รตเซ็นไฟฟ้าที่ความเร็วต่างๆต่อไป

3.2 โครงสร้างของเก้อ์รตเซ็นไฟฟ้า

โครงสร้างของเก้อ์รตเซ็นไฟฟ้านี้จะมีขนาดยาว

88 ซม. กว้าง 63 ซม. และสูง 125 ซม. น้ำหนัก 55 กก. (รวมแบตเตอรี่) ขับเคลื่อนด้วยล้อหลัง 2 ล้อ ซึ่งมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 30 ซม. ผ่านเฟืองที่แกนโรเตอร์ของมอเตอร์เกียร์ ที่มีฟังก์ชันการทำงาน ดังนี้

3.2.1 กำลังมอเตอร์ที่ใช้

กำหนดให้ เก้าอี้รถเข็นไฟฟ้ารับน้ำหนักสูงสุดได้ 120 กก.

รัศมีเฟืองที่แกนโรเตอร์ เท่ากับ 2 ซม. (0.02 ม.)

ความเร็วรอบของมอเตอร์ เท่ากับ 165 รอบ/นาที

จากสมการ $P_o = T \times \omega = mgr \times 2\pi N / 60 \text{ W}$

$$\text{จะได้ } P_o = 120 \times 9.8 \times 0.02 \times 2 \times 3.14 \times \frac{165}{60} = 406.19 \text{ W}$$

ดังนั้น จึงเลือกมอเตอร์เกียร์สปีดเตอร์ ขนาด 24 V 330 RPM 250 W จำนวน 2 ตัว ซึ่งมีกำลังรวมกันเท่ากับ 500 W ในการขับเคลื่อนเก้าอี้รถเข็นไฟฟ้านี้

3.2.2 พิกัดของแบตเตอรี่

ใช้แบตเตอรี่ขนาด 12 V 35 AH ขนาด 420 W จำนวน 1 ก้อน เป็นตัวจ่ายพลังงานให้กับวงจรกำลัง อันได้แก่ มอเตอร์เกียร์สปีดเตอร์ขนาด 24 V 330 RPM 250 W จำนวน 2 ตัว (M1, M2) สำหรับใช้เป็นตัวขับเคลื่อนเก้าอี้ไฟฟ้า โดยควบคุมผ่านวงจรขับเคลื่อนมอเตอร์รุ่น H-BRIDGE DRIVER SE-HB-100 และใช้แบตเตอรี่ขนาด

12 V 7.5 AH ขนาด 90 W จำนวน 1 ก้อน เป็นแหล่งจ่ายพลังงานให้กับวงจรควบคุม อันได้แก่ วงจรเข้ารหัสคีย์บอร์ด บังคับ และวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์รุ่น ET-BASE PIC40/877

3.2.3 พิกัดของวงจรขับเคลื่อนมอเตอร์

ใช้วงจรขับเคลื่อนมอเตอร์รุ่น H-BRIDGE DRIVER SE-HB-100 ซึ่งใช้เพาเวอร์มอสเฟตเบอร์ IRFP2907 ขนาด 209 A 75 V จำนวน 4 ตัวเป็นตัวขับเคลื่อนมอเตอร์เกียร์ 1 ตัว โดยรับสัญญาณอินพุตมาจากไมโครคอนโทรลเลอร์ จำนวน 3 บิต อันได้แก่ RB0, RB1 และ RC1 โดยที่ RB0, RB1 ซึ่งส่งสัญญาณ Low หรือ High ออกมาจะทำหน้าที่ควบคุมทิศทางการหมุนของมอเตอร์ ส่วน RC1 ซึ่งส่งสัญญาณพัลส์วิดท์มอดูเลชันออกมาจะควบคุมความเร็วของมอเตอร์ ซึ่งมีตารางการทำงาน ดังนี้

Inputs		Function
RC1 = H	RB0 = H, RB1 = L	Forward
	RB0 = L, RB1 = H	Backward
	RB0 = RB1	Motor Stop
RC1 = L	RB0 = X, RB1 = X	Motor Stop

L = Low

H = High

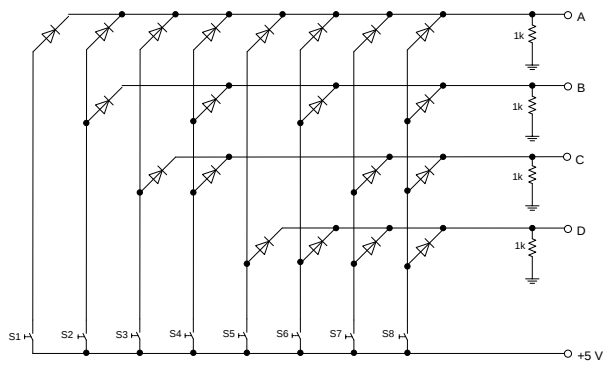
X = Don't care



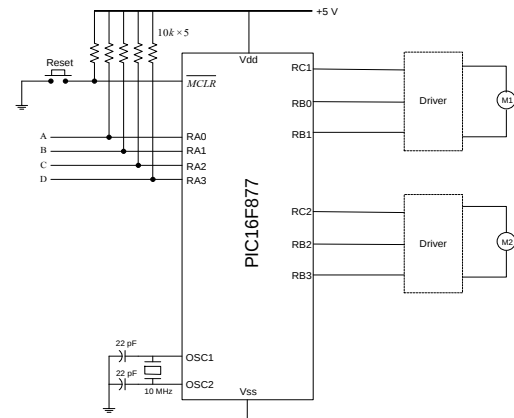
รูปที่ 4 โครงสร้างของเก้าอี้รถเข็นไฟฟ้า

3.3 วงจรควบคุม

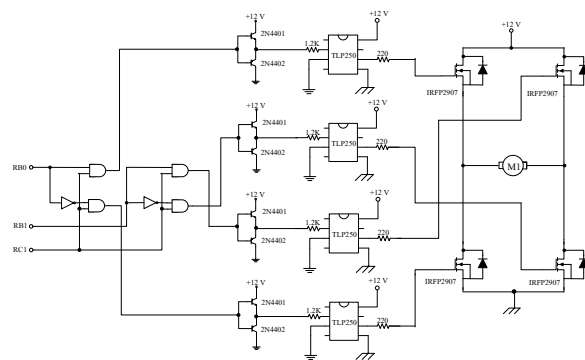
วงจรควบคุมในที่นี้จะประกอบด้วยวงจร 3 ส่วน อันได้แก่ วงจรเข้ารหัสคั่นโยกบังคับ วงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F877 และวงจรขับมอเตอร์ ดังนี้



รูปที่ 5 วงจรเข้ารหัสคั่นโยกบังคับ



รูปที่ 6 วงจรการต่อใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F877



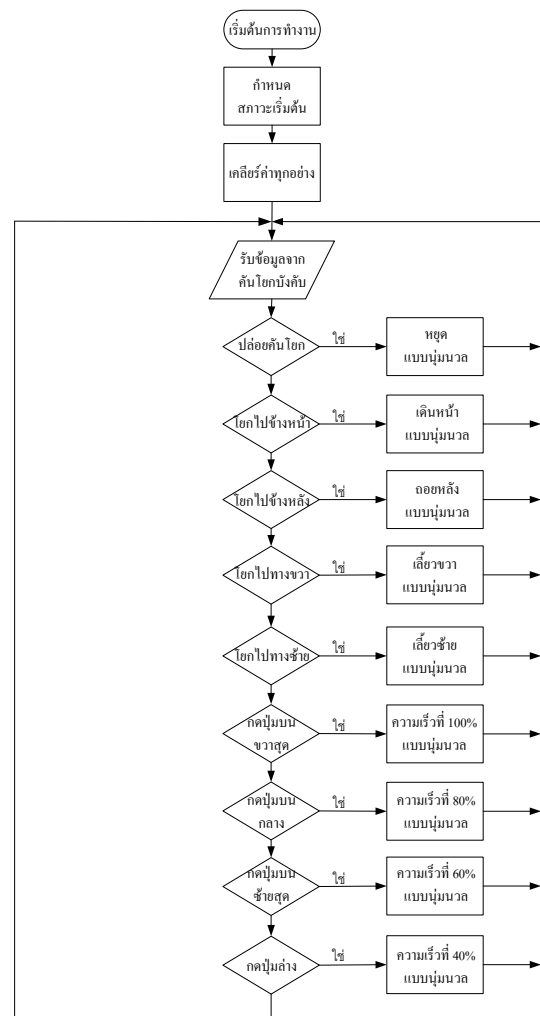
รูปที่ 7 วงจรขับมอเตอร์

3.4 โปรแกรมควบคุมการทำงาน

โปรแกรมควบคุมการทำงานของเก้าอี้รถเข็นไฟฟ้า

นี้ จะเริ่มจากการรับคำสั่งมาจากคันโยกบังคับแล้วส่งต่อไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F877 ที่อยู่ในตัวเก้าอี้เป็นตัวควบคุมอีกทีหนึ่ง ซึ่งใช้ภาษา PICBASICPRO ในการเขียนโปรแกรมควบคุมระบบทั้งหมด โดยสามารถแสดงให้เห็นได้ดังในรูปที่ 8 ซึ่งสามารถอธิบายการทำงานได้ ดังนี้ เมื่อโยกคันโยกบังคับไปข้างหน้า ซึ่งส่งรหัส 01H ออกไป ไมโครคอนโทรลเลอร์ก็จะสั่งให้เก้าอี้ไฟฟ้าเดินหน้าแบบนุ่มนวล กล่าวคือ ค่อยๆ เพิ่มความกว้างพัลส์ ขึ้นทีละ 20% เป็นเวลา 300 ms ไปจนถึงความกว้างพัลส์ที่ต้องการ ซึ่งในที่นี้กำหนดไว้ที่ 80% กล่าวคือ เก้าอี้ไฟฟ้าจะเคลื่อนที่ด้วยความเร็วเริ่มต้นที่ความกว้างพัลส์ 20% เป็นเวลา 300 ms แล้วเพิ่มความเร็วขึ้นเป็น 40% เป็นเวลา 300 ms แล้วเพิ่มความเร็วขึ้นเป็น 60% เป็นเวลา 300 ms จนกระทั่งถึงความเร็วที่ต้องการ คือ ที่ความกว้างพัลส์ 80% ในทำนองเดียวกัน เมื่อโยกคันโยกบังคับไปข้างหลัง ซึ่งส่งรหัส 03H ออกไป ไมโครคอนโทรลเลอร์ก็จะสั่งให้เก้าอี้ไฟฟ้าถอยหลังแบบนุ่มนวล และเมื่อโยกคันโยกบังคับไปทางขวา ซึ่งส่งรหัส 05H ออกไป ไมโครคอนโทรลเลอร์จะสั่งให้เก้าอี้ไฟฟ้าเลี้ยวขวาแบบนุ่มนวล เมื่อโยกคันโยกบังคับไปทางซ้าย ซึ่งส่งรหัส 07H ออกไป จะเป็นการสั่งให้เก้าอี้ไฟฟ้าเลี้ยวซ้ายแบบนุ่มนวล และเมื่อกดปุ่มบนทางขวาสุดที่อยู่บนปลายคันโยก ซึ่งส่งรหัส 09H ออกไป จะเป็นการสั่งให้เก้าอี้ไฟฟ้าเคลื่อนที่ด้วยความเร็วสูงสุดแบบนุ่มนวล เมื่อกดปุ่มบนกลางที่อยู่บนปลายคันโยก ซึ่งส่งรหัส 0BH ออกไป จะเป็นการสั่งให้เก้าอี้ไฟฟ้าเคลื่อนที่ด้วยความเร็ว 80% ที่ความเร็วสูงสุดแบบนุ่มนวล เมื่อกดปุ่มบนทางซ้ายสุดที่อยู่บนปลายคันโยก ซึ่งส่งรหัส 0DH ออกไป จะเป็นการสั่งให้เก้าอี้ไฟฟ้าเคลื่อนที่ด้วยความเร็ว 60% ที่ความเร็วสูงสุดแบบนุ่มนวล เมื่อกดปุ่มล่างสุดที่อยู่บนปลายคันโยก ซึ่งส่งรหัส 0FH ออกไป จะเป็นการสั่งให้เก้าอี้ไฟฟ้าเคลื่อนที่ด้วยความเร็ว 40% ที่ความเร็วสูงสุดแบบนุ่มนวล และเมื่อทำการปล่อยคันโยกบังคับ ซึ่งส่งรหัส 00H ออกไป ก็จะเป็นการสั่งให้เก้าอี้ไฟฟ้าหยุดแบบนุ่มนวล กล่าวคือ ค่อยๆ ลดความเร็วลงทีละ 20% ที่ความกว้างพัลส์สูงสุดเป็นเวลา 300 ms

จากความเร็วที่ต้องการจนถึงความเร็วศูนย์ ตามลำดับ ซึ่งโปรแกรมควบคุมการทำงานของเก้าอี้รถเข็นไฟฟ้านี้จะมีลักษณะคล้ายกับการขับรถยนต์มาก กล่าวคือ สามารถเดินหน้า ถอยหลัง หยุด เลี้ยวขวา เลี้ยวซ้าย แบบความเร็วนุ่มนวล ที่เวลาใดๆ ก็ได้ตามที่ผู้ใช้งานต้องการโดยการควบคุมผ่านคันโยกบังคับ และเมื่อเกิดความผิดปกติขึ้นในระบบ ผู้ใช้งานสามารถควบคุมเก้าอี้รถเข็นไฟฟ้านี้ได้โดยการปล่อยคันโยกบังคับทันที ซึ่งจะทำให้เก้าอี้รถเข็นไฟฟ้าหยุดการเคลื่อนที่ทันทีภายในระยะเวลา 1500 ms โดยการลดความเร็วลงทีละ 20% ที่ค่าความเร็วสูงสุดจนถึงความเร็วศูนย์



รูปที่ 8 โปรแกรมการทำงานของเก้าอี้รถเข็นไฟฟ้า

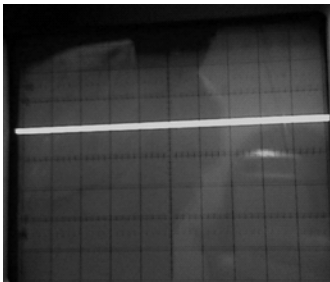
4. ผลการทดสอบ

ทำการทดสอบความสามารถของเก้าอี้รถเข็น

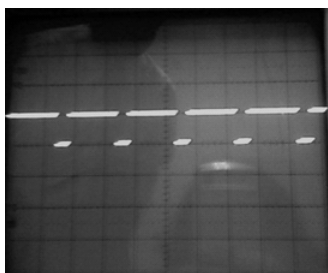
ไฟฟ้าสำหรับผู้พิการ ได้ดังนี้

- แก้อักรเซ็นไฟฟ้าวิ่งได้นานต่อเนื่อง 2 ชั่วโมง หรือระยะทาง 20 กิโลเมตร ต่อการชาร์จ 1 ครั้ง
- ระยะเวลาในการชาร์จ 3 - 6 ชั่วโมง
- สามารถปรับระดับความเร็วได้ 4 ระดับ
- สามารถข้ามสิ่งกีดขวางที่มีความสูงประมาณ 4 ซม. ได้
- ไตระดับความชันได้ 15 องศา มีล้อด้านหลังเพื่อป้องกันแก้อักรเซ็นหงายไปด้านหลัง

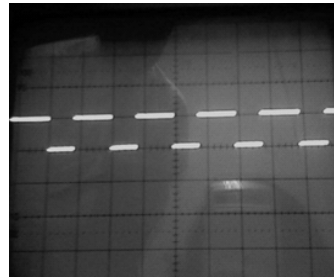
และทำการทดสอบการทำงานของแก้อักรเซ็นไฟฟ้านี้โดยส่งคำสั่งจากคณโศกบั้งคับไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์ แล้วใช้ออสซิลโลสโคปรุ่น HAMEG 35 MHz ANALOG OSCILLOSCOPE HM303-6 วัดสัญญาณคำสั่งจากไมโครคอนโทรลเลอร์ในตัวแก้อักรเซ็นไฟฟ้าที่ความกว้างพัลส์ต่างๆ ที่ Volt/Div เท่ากับ 5 V และ Time/Div เท่ากับ 50 μ S ดังนี้



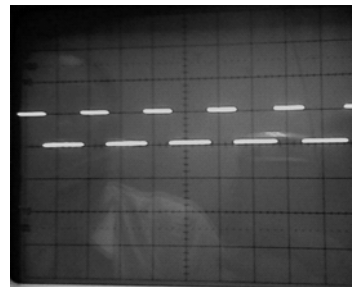
รูปที่ 9 คำสั่งจากไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ความกว้างพัลส์ 100%



รูปที่ 10 คำสั่งจากไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ความกว้างพัลส์ 80%



รูปที่ 11 คำสั่งจากไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ความกว้างพัลส์ 60%



รูปที่ 12 คำสั่งจากไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ความกว้างพัลส์ 40%

และทำการวัดค่าแรงดันเฉลี่ยที่ค่าความกว้างของพัลส์ต่างๆ ด้วยดิจิตอลมัลติมิเตอร์รุ่น DM-332 แล้วทำการเปรียบเทียบกับแรงดันเฉลี่ยที่คำนวณได้ ดังนี้

ระดับความเร็ว	ความกว้างพัลส์	ค่าแรงดันเฉลี่ยที่คำนวณได้ (V)	ค่าแรงดันเฉลี่ยที่วัดได้ (V)
1	40%	4.8	4.60
2	60%	7.2	7.19
3	80%	9.6	9.31
4	100%	12	11.42

และทำการทดสอบความเร็วของแก้อักรเซ็นไฟฟ้าที่ระดับความเร็วต่างๆ ด้วยโหลดคนนั่งน้ำหนัก 65 กก. และกำหนดระยะทางคงที่ไว้เท่ากับ 10 เมตร บนพื้นปูนซีเมนต์ โดยค่าความเร็วหาได้จากสูตร ความเร็ว = ระยะทาง/เวลา (m/s) ดังนี้

	6° ramp	
	Forward uphill 3° ramp	1.40
	Forward uphill 6° ramp	1.21
	Rearward horizontal	1.50
Acceleration , m/s ²	Overall , A _{om}	0.47
	Maximum , A _{mm}	0.50
Deceleration , m/s ²	Overall , R _{om}	0.35
	Maximum , R _{mm}	0.40

ระดับความเร็ว	ครั้งที่	เวลา (s)	ความเร็ว (m/s)	ความเร็วเฉลี่ย (m/s)
1	1	11.37	0.88	0.88
	2	11.38	0.88	
	3	11.29	0.89	
2	1	10.10	0.99	0.98
	2	10.81	0.93	
	3	9.78	1.02	
3	1	8.10	1.23	1.21
	2	8.25	1.21	
	3	8.30	1.20	
4	1	6.10	1.64	1.59
	2	6.30	1.59	
	3	6.54	1.53	

และทำการทดสอบค่าความเร็วสูงสุด ความเร่ง และความหน่วงตามมาตรฐาน ISO 7176-6:2001 ดังนี้

Maximum speed (V _{mm}) , m/s	Forward horizontal	1.59
	Forward downhill 3° ramp	1.65
	Forward downhill	1.76

5. บทสรุป

จากการทดสอบการทำงานของเก้าอี้รถเข็นไฟฟ้านี้ ผู้ใช้งานสามารถส่งคำสั่งจากคันโยกบังคับไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์ได้ และไม่คอนโทรลเลอร์สามารถรับคำสั่งจากคันโยกบังคับมาประมวลผลและควบคุมการทำงานของเก้าอี้รถเข็นไฟฟ้าได้ทุกฟังก์ชัน อาทิเช่น เดินหน้า ถอยหลัง หยุด เลี้ยวขวา เลี้ยวซ้าย แบบความเร็วนุ่มนวลที่เวลาใดๆก็ได้ และเคลื่อนที่ด้วยความเร็วสูงสุด 1.59 m/s ที่ความกว้างพัลส์ 100% และเก้าอี้รถเข็นไฟฟ้านี้สามารถเคลื่อนที่ได้ในบริเวณที่ต้องการ อาทิเช่น บริเวณพื้นปูนซีเมนต์ พื้นดิน พื้นหญ้า และพื้นทรายที่แข็งและเรียบ ทำให้ปลอดภัยและประหยัดแรงงานของผู้ใช้งานได้อย่างมาก และทำให้ลดภาระการช่วยเหลือ ดูแลจากคนรอบข้าง สังคม และภาครัฐได้ และวัสดุ อุปกรณ์ในการสร้างเก้าอี้รถเข็นไฟฟ้านี้สามารถหาซื้อได้ในท้องถิ่นหรือภายในประเทศ ทำให้ประหยัดต้นทุนลงได้เป็นอย่างมากอีกด้วย

6. เอกสารอ้างอิง

Chaiporn Addoddorn. (2540). DC Motor Speed

Control with Remote Controller. Bachelor's degree project. Department of Electrical Engineering, Faculty of Engineering. King

- Mongkut's University of Technology Thonburi. Bangkok. (in Thai)
- Thanita Wongta. (2551). Electric Car for Disabilities. Bachelor's degree project. Department of Electrical Engineering, Faculty of Engineering. Burapa University. Chonburi. (in Thai)
- Watcharin Kaorob. (2546). Larning and Comprehention Architecture of Microcontroller PIC16F877. ETT coporation limited. Bangkok. (in Thai)
- Watcharin Kaorob. (2546). Larning and Comprehention Microcontroller PIC16F877 with PicBasicPro Language. ETT coporation limited. Bangkok. (in Thai)
- International standard ISO 7176-6. Second edition 2001-10-01. part 6: Determination of maximum speed acceleration and deceleration of electric wheelchairs.
- TAXAS A&M. (2009). Wheelchair Control System. Department of Electrical & Computer Engineering. University of Qatar.